



RESUMEN DE LA TESIS DOCTORAL

DATOS DEL/ DE LA DOCTORANDO/A:

Apellidos y nombre: Pérez Pina, Ismael	NIF: [REDACTED]	Nacionalidad: [REDACTED]
Dirección a efectos de notificaciones [REDACTED]		
Teléfono: [REDACTED]	EMAIL: [REDACTED]	
ORCID: 0000-0002-2189-2939		Compruebe/Obtenga su ORCID a través de la BUH
Según formato: 0000-0000-0000-0000		

DATOS DE LA TESIS DOCTORAL:

Título: Estudio físico-químico de los materiales refractarios usados en hornos pirometalúrgicos de la industria del cobre.
Programa Oficial de Doctorado al que se adscribe: Ciencia y Tecnología Industrial y Ambiental (línea de investigación: Física, Matemáticas y Computación).
Departamento: Ciencias de la Tierra.
Director/es: Dr./Dra.: Ignacio Moreno-Ventas Bravo ORCID: 0000-0002-7927-5212 Dr./Dra.: Guillermo Ríos Ransanz ORCID:
Resumen en castellano que será usado para la base de datos del Ministerio TESEO (máx. 4000 caracteres) <p>El presente trabajo de investigación es el resultado de la colaboración entre Atlantic Copper (filial de Freeport McMoran) y la Universidad de Huelva. El objetivo principal es el estudio de la degradación del refractario de magnesia-cromo usado en el recubrimiento interior de los hornos del proceso pirometalúrgico de fabricación de cobre a partir de sulfuros polimetálicos.</p> <p>El trabajo se divide en cinco líneas de investigación, donde en la primera de ellas se estudian los materiales básicos de partida para la fabricación del refractario de magnesia-cromo, y los refractarios antes de ser usados en los hornos. Ello se usa como punto de partida para explicar mejor la degradación del refractario mostrada en las siguientes líneas de investigación.</p> <p>Se llevan a cabo tres líneas de investigación dedicadas al estudio de los mecanismos de degradación química de los refractarios, diferenciando por tipo de horno del proceso de obtención del cobre: Convertidores Peirce Smith, Horno de Arco Sumergido y Horno de Afino Térmico.</p> <p>Los resultados de las micrografías de las muestras refractarias obtenidas de las diferentes zonas de estos hornos después de haber completado sus campañas de trabajo, muestran diferencias en los procesos de degradación. Estos resultados analíticos son soportados por cálculos termoquímicos de la interacción entre los materiales fundidos presentes en estos hornos y los refractarios con los que entran en contacto, bajo condiciones estándar del proceso, así como bajo condiciones no estándar, obteniendo mayor rango de resultados bajo diferentes escenarios.</p> <p>Dado que los procesos de mojabilidad e infiltración del refractario por las fases fundidas suponen las primeras etapas de la degradación del refractario, la última línea de investigación se ha dedicado al estudio de estos fenómenos para diferentes sustratos refractarios y materias primas de los mismos, usando fases fundidas presentes en el proceso pirometalúrgico. Además, se ha realizado un ensayo dinámico novedoso a diferentes refractarios bajo la acción de escorias fayalíticas, de forma que se acelere la degradación del mismo, sumergiendo probetas en canales de salida de la escoria procesada en Horno de Arco Sumergido.</p> <p>La degradación de las fases intergranulares de la microestructura del refractario por fenómenos de infiltración a través de la porosidad abierta, conlleva la disolución de las mismas, y contribuye a la degradación del refractario por efecto de debilitamiento de la microestructura. Además, propicia mayor contacto entre la fase que ha infiltrado y los granos de refractario, provocando, en función de la fase que haya penetrado, el mayor o menor ataque químico a estos granos que conforman el refractario (mayor para el caso de las escorias fayalíticas).</p>



La degradación de la magnesia del refractario es llevada a cabo mediante procesos de disolución de la misma en la escoria fayalítica, dando lugar a solución sólida olivino de elevado número de magnesio. Este olivino tiende a solidificarse rápidamente por el aumento de su *solidus* debido al contenido de magnesio. Según lo observado en las micrografías del análisis post-mortem y en los resultados de los cálculos termoquímicos llevados a cabo, se trata de un proceso que se da con bastante espontaneidad.

Los granos de cromita presentan degradación gradual, evidenciado en la formación de una corona de reacción de variación composicional a lo largo del espesor de la misma (zonación). Para los granos de magnesia-cromo electrofundida, la degradación es muy gradual, dada su baja porosidad y estructura de los mismos (matriz de magnesia con fase dispersa de cromita generada por exolución).

La tipología, mecanismos de degradación química y degradación final del refractario como resultado de otros efectos físicos (erosión y choques mecánicos y térmicos) difieren de un tipo de horno a otro y de la ubicación del refractario en cada uno de ellos; las particularidades de cada uno se desarrollan en este trabajo.

Resumen en **inglés** que será usado para la base de datos del Ministerio TESEO (**máx. 4000 caracteres**)

This research work is the result of collaboration between Atlantic Copper (an affiliate of Freeport McMoran) and the University of Huelva. The main aim is the study of the refractory wear (magnesia-chromite type) used for the lining of the pyrometallurgical furnaces in the copper making industry from polymetallic sulfide ores.

The work is divided into five research lines. The first of them is focused on the study of the starting materials used in the magnesia-chromite refractory making, as well as the as-delivered refractory (before being used in the furnaces). This study the starting point for better understanding of the refractory wear shown in the rest research lines of this work.

Subsequently, three research lines are carried out to study the chemical degradation mechanisms of the refractory in different furnaces used in the copper making industry: Peirce-Smith Converter, Submerged Arc Furnace and Anode Furnace.

The results of the microstructural analyses of the refractory samples collected from the different areas of these furnaces after their working campaign, show the differences in the degradation process. These analytical results are supported by thermochemical calculations of the interaction between the molten phases present in these furnaces and the refractory, under standard process conditions, as well as under non-standard conditions (to obtain results under different scenarios).

Since the wetting and infiltration of the refractory by the molten phases are the initial stages for the refractory degradation, the last research line of this work was focused on the study of these phenomena: different refractory substrates (and raw materials) and several molten phases present in the pyrometallurgical process were used. Additionally, a novel dynamic test was developed to evaluate the refractory wear as a consequence of the interaction with the fayalitic slags by submerging refractory probes in a launder with slag from a Submerged Arc Furnace.

The degradation of the intergranular phases of the refractory (microstructure) by infiltration of the molten phases through the open porosity, leads to the dissolution of them. It involves the degradation of the refractory due to the weakening of the microstructure. Moreover, the dissolution of these intergranular phases promotes the greater contact between the phase that has infiltrated and the refractory grains. The last causes the greater or lesser chemical attack to these refractory grains (greater attack for the case of fayalitic slags).

The degradation of the magnesia phase of the refractory is a consequence of dissolution in the fayalitic slag, leading the formation of olivine solid solution with high Mg#. This high-magnesium olivine tends to solidify rapidly due to its higher solidus due to its magnesium content. As observed in the micrographs of the post-mortem analyses and in the results of the thermochemical calculations, it occurs quite fast.

The chromite grains show gradual degradation; a reaction rim is formed showing a compositional profile along its thickness (zonation). In the case of the electrofused magnesia-chromite grains, the degradation is very gradual, as a consequence of its low porosity and its structure (magnesia matrix with dispersed phase of chromite generated by exolution).

The typology, chemical degradation mechanisms and final refractory wear as a result of other physical effects (erosion and mechanical and thermal shocks) differ from one type of furnace to another, as well as the location of the refractory in each one. The particularities of each one are developed in the present research work.



Universidad de Huelva

Palabras clave en **castellano** que deben coincidir con las enviadas a la base de datos TESEO (máx. 5 descriptores o palabras claves, separadas por coma)

Refractario, Magnesia-cromo, Termoquímica, Degradación, Cobre

Palabras claves en **inglés** que deben coincidir con las enviadas a la base de datos TESEO (máx. 5 descriptores o palabras claves, separadas por coma)

Refractory, Magnesia-chromite, Thermochemistry, Degradation, Copper.

Materias UNESCO (seleccione, picando en [+], alguno de los campos, disciplinas o subdisciplinas que aparecen en la siguiente url: <http://rabida.uhu.es/dspace/page/unesco>)

3312 (Tecnología de Materiales)
3312.11 (Refractarios)

¿TESIS POR COMPENDIO DE PUBLICACIONES? SI (tachar lo que no proceda)

Algunas publicaciones, por respeto a los posibles conflictos de propiedad intelectual relativos a su difusión, serán sustituidas por referencia, resumen y DOI o enlace al artículo.

En Huelva, 10 de Abril de 2019
Firma del interesado

Fdo. Ismael Pérez Pina